H.A. HALIM HASMAR

DRAINASI TERAPAN

DISERTAI GAMBAR BERWARNA

H.A. Halim Hasmar

DRAINASI TERAPAN

Katalog Dalam Terbitan (KDT)

H.A. Halim Hasmar

Drainasi Terapan ; -- Yogyakarta: UII Press, 2011

viii + 124 hlm. ; 14.5 x 21.0

ISBN 978-979-3333-46-5

Cetakan Pertama : Maret 2012
Editor : UII Press Yogyakarta
Cover - Layout : UII Press Yogyakarta
Penerbit : UII Press Yogyakarta (Anggota IKAPI)
Jl. Cik Di Tiro No.1, Yogyakarta - 55223
Tel. (0274) 547865 (Hotline); Fax. (0274) 547864
E-mail : uiipress@uii.ac.id; uiipress@asia.com; fb: UII Press

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah buku Mata Kuliah Drainasi Perkotaan/Terapan telah dapat direalisasikan, yang disusun menyesuaikan dengan Kurikulum Nasional, untuk Jurusan Teknik Sipil pada perguruan tinggi di Indonesia. Salawat serta salam selalu disampaikan kepada Rasulullah SAW dan para sahabat serta pengilutnya hingga akhir zaman.

Terima kasih disampaikan kepada UII Press yang telah berkenan menerbitkan buku ini, sehingga terutama dapat menjadi referensi, baik untuk kalangan intern Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, maupun kalangan ekstern yang berkenan memanfaatkannya sebagai referensi ataupun oleh kalangan praktisi. Terima kasih juga disampaikan kepada bapak H. Ruzardi staf pengajar jurusan Teknik Sipil FTSP UII yang telah memberikan beberapa bahan untuk melengkapi buku ini.

Pada penerbitan pertama dengan judul buku Drainasi Terapan, tentunya telah dilengkapi dengan kemajuan ilmu drainasi yang berkembang saat ini, walaupun demikian tidak luput dari adanya kekurangan redaksional dan pengetikan serta isi materi, oleh karena itu saran dan kritik diharapkan untuk kesempurnaannya.

Billahitaufiq wal Hidayah

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Jogja, Januari 2012

Penyusun

DAFTAR ISI

BAGIAN I
PENDAHULUAN

1. Pengertian Drainasi dan Drainasi Perkotaan

Drainasi secara umum didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu.

Drainasi perkotaan/terapan adalah ilmu drainasi yang diterapkan mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan sosial budaya yang ada di kawasan kota.

Drainasi perkotaan/terapan merupakan sistem pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi :

1. Pemukiman;
2. Kawasan industri dan perdagangan;
3. Kampus dan sekolah;
4. Rumah sakit dan fasilitas umum;
5. Lapangan olah raga;
6. Lapangan parkir;
7. Instalasi militer, listrik, telekomunikasi;
8. Pelabuhan udara.

Kriteria desain drainasi perkotaan memiliki kekhususan, sebab untuk perkotaan ada tambahan variable desain seperti :

1. Keterkaitan dengan tata guna lahan;
2. Keterkaitan dengan masterplan drainasi kota;
3. Keterkaitan dengan masalah sosial budaya.

2. Sejarah Perkembangan Drainasi

Drainasi perkotaan awalnya tumbuh dari kemampuan manusia mengenali lembah-lembah sungai yang mampu mendukung kebutuhan pokok hidupnya. Kebutuhan pokok tersebut berupa ketersediaan air bagi keperluan rumah tangga, pertanian, peternakan, perikanan, transportasi, dan kebutuhan sosial budaya.

Siklus ketersediaan/keberadaan air, terjadinya ketersediaan air secara berlebih. Untuk sehari-harinya terjadi buangan air dari penggunaan yang mengganggu lingkungan. Berangkat dari kesadaran akan arti kenyamanan hidup sangat tergantung pada kondisi lingkungan, maka manusia mulai mengatur lingkungan.

Harus diakui bahwa pertumbuhan dan perkembangan ilmu drainasi perkotaan dipengaruhi oleh perkembangan ilmu hidrolika, matematika, statistika, fisika, kimia, komputasi dan bahkan juga ilmu ekonomi dan sosial budaya sebagai ibu asuhnya pertama kali. Ketika didominasi oleh ilmu hidrologi, hidrolika, mekanika tanah, ukur tanah, matematika, pengkajian ilmu drainasi perkotaan tetap menggunakan konsep statistika. Sehingga ilmu drainasi perkotaan (terapan) merupakan ilmu yang memberikan kelengkapan dari ilmu teknik sipil.

Namun dengan semakin akrabnya hubungan ilmu drainasi perkotaan dengan statistika, kesehatan lingkungan, sosial ekonomi yang selalu menuntut pendekatan masalah secara terpadu, maka ilmu drainasi perkotaan semakin tumbuh secara cepat menjadi ilmu yang mempunyai dinamika yang cukup tinggi.

3. Jenis Drainasi

a. Menurut Sejarah Terbentuknya

i. Drainasi Alamiah (*Natural Drainage*)

Terbentuk secara alami, tidak ada unsur campur tangan manusia.

ii. Drainasi Buatan (*Artificial Drainage*)

Dibentuk berdasarkan analisis ilmu drainasi, untuk menentukan debit akibat hujan, kecepatan resapan air dalam lapisan tanah dan dimensi saluran.

b. Menurut Letak Saluran

i. Drainasi Muka Tanah (*Surface Drainage*)

ii. Drainasi Bawah Tanah (*Sub Surface Drainage*)

c. Menurut Fungsi Drainasi

i. *Single Purpose*

Saluran berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan saja.

ii. *Multy Purpose*

Saluran berfungsi mengalirkan beberapa jenis buangan, baik secara bercampur maupun bergantian.

d. Menurut Konstruksi

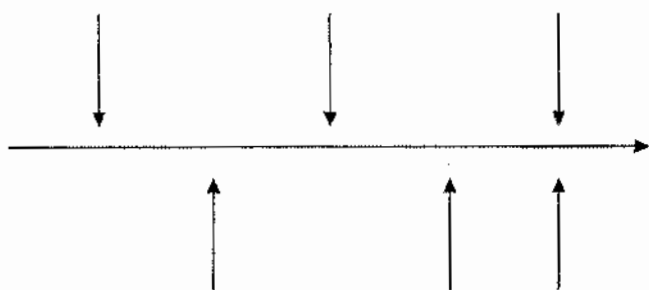
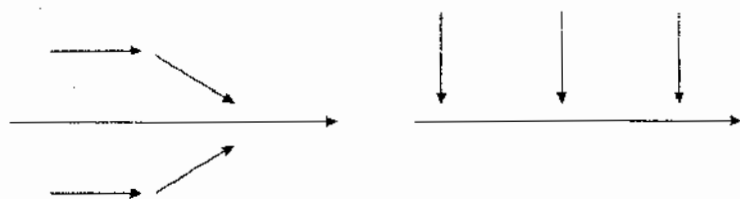
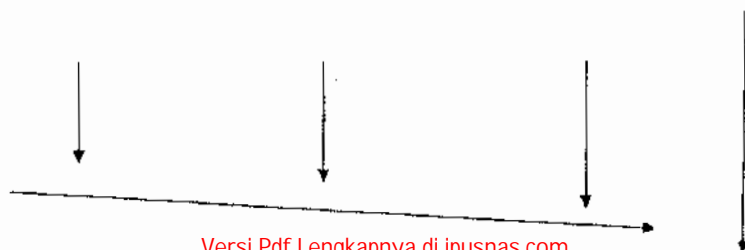
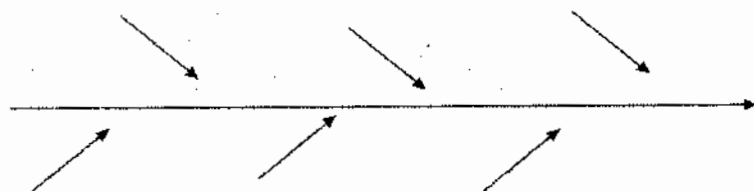
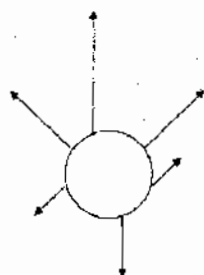
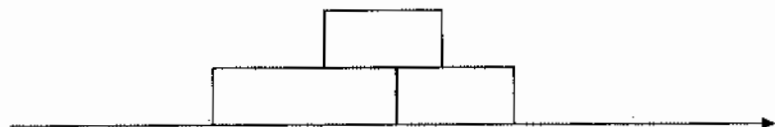
i. Saluran Terbuka

Saluran untuk air hujan yang terletak di area yang cukup luas. Juga untuk saluran air non hujan yang tidak mengganggu kesehatan lingkungan.

ii. Saluran Tertutup

Saluran untuk air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan. Juga untuk saluran dalam kota.

4. Pola Jaringan Drainasi

a. Siku

b. Paralel

c. Grid Iron

d. Alamiah

e. Radial

f. Jaring-jaring

5. Drainasi Menanggulangi Genangan Banjir

Dimusim penghujan di Indonesia dan negara negara didunia selalu dilanda banjir. Banjir yang menyebabkan genangan ini sebagai akibat dari curah hujan dan intensitas hujan yang tinggi. Hampir semua negara didunia telah melakukan usaha penanggulangan banjir, tetapi karena banjir tidak hanya terjadi akibat hujan juga diakibatkan oleh naiknya permukaan air laut yang menjadi puncaknya saat bulan purnama dan tinggi gelombang laut, sehingga air laut merambat kedaratan

karena cuaca ekstrem. Banjir juga diakibatkan aliran air akibat hujan dari dataran yang lebih tinggi.

Pada umumnya banjir diakibatkan oleh beberapa faktor antara lain :

a. Banjir Akibat Air Laut Pasang

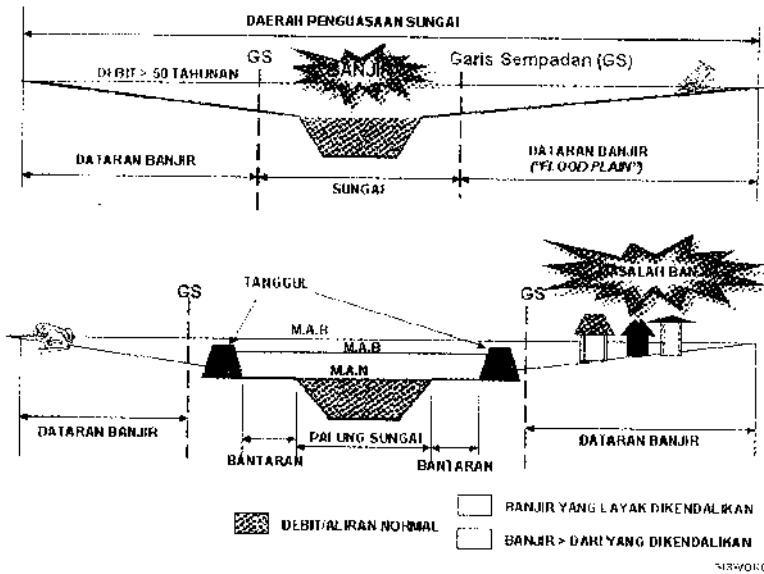
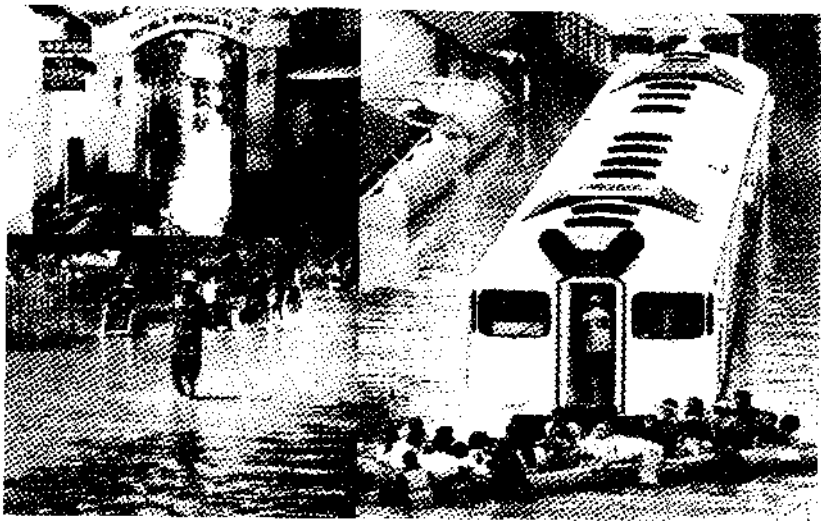
   Kota dengan lokasi ditepi pantai jika air laut pasang, maka umumnya air akan menggenangi area pantai. Jika topografi kota sangat landai, maka hampir seluruh kota akan terjadi genangan dan jika topografi agak landai sebahagian kota akan tergenang. Jika alat-alat sistem drainasi kota berfungsi dengan baik, pada waktu air laut surut genangan akan tertanggulangi. Sebaliknya jika sistem drainasi tidak berfungsi dengan baik, air laut dapat tertahan didaratan, akibatnya akan terjadi genangan dalam waktu yang lama. Kondisi menjadi lebih fatal jika kota mendapatkan curah hujan dan intensitas hujan yang tinggi, juga mendapatkan banjir kiriman dari dataran tinggi, akan terjadi banjir untuk beberapa waktu, muka air akan naik lebih tinggi.

b. Banjir Akibat Kota Dilanda Hujan

   i. Jika area kota ditepi pantai dilanda hujan dengan curah hujan dan intesitas hujan sangat tinggi yang umumnya terjadi pada waktu musim hujan, jika air laut sedang atau menjelang surut dan system drainasi berfungsi dengan baik, air hujan akan segera mengalir ke laut dengan baik dan jika air laut sedang pasang akan terjadi genangan sementara sampai air laut surut. Area terbuka mencukupi untuk sebuah kota (sekitar 30 persen luas kota) maka air yang menggenang juga akan meresap kedalam tanah Akan lebih efektif jika selain saluran muka tanah terdapat sumur-sumur resapan dan bio pori.

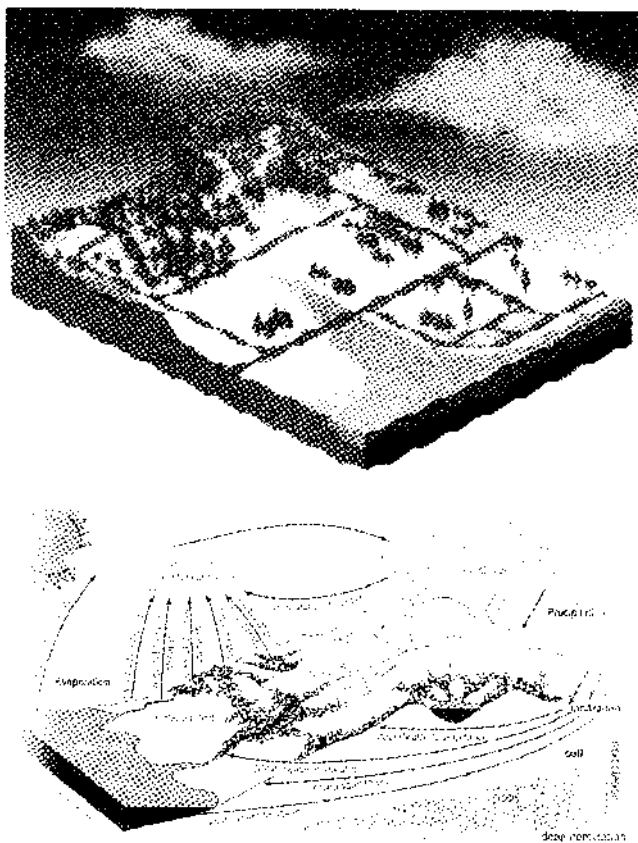
ii. Jika kota diarea dataran dilanda hujan dengan curah hujan dan intensitas hujan sangat tinggi yang umumnya terjadi pada saat musim hujan, jika sistem drainasi berfungsi dengan baik, air hujan akan mengalir melalui saluran drainasi dan air meresap kedalam tanah di area terbuka di perkotaan dan kedalam sumur-sumur peresapan.

iii. Jika kota diarea tepi pantai atau di area dataran dilanda hujan dengan curah hujan dan intensitas yang sangat tinggi, mendapat aliran air kiriman dari sisi atas kota dengan dataran yang lebih tinggi, kota akan mendapatkan banjir kiriman. Jika kota tidak dilintasi sungai, air akan mengalir diarea kota, akan menggenangi dan membanjiri kota, sedangkan kota yang dilintasi sungai maka aliran air akan mengalir kedalam sungai dan jika sungai tidak dapat menampung volume banjir, akan terjadi genangan dan banjir. Biasanya jika kota dilintasi oleh sungai, kota mempunyai bendungan dan pintu air pada sungai sebagai usaha untuk pengendalian banjir.

Gambar 1. Banjir di Perkotaan

Gambar 3. Banjir di Perkotaan

BAGIAN II
ASPEK HIDROLOGI

1. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah proses yang diawali oleh evaporasi/penguapan kemudian terjadinya kondensasi dari awan hasil evaporasi. Awan terus terproses, sehingga terjadi salju dan atau hujan yang jatuh kepermukaan tanah. Pada muka tanah air hujan ada yang mengalir di permukaan tanah, sebagai air *run off* dan sebagian infiltrasi/meresap kedalam lapisan tanah. Besarnya *run off* dan infiltrasi tergantung pada parameter tanah atau jenis tanah dengan pengujian tanah di laboratorium. Air *run off* mengalir di permukaan muka tanah kemudian kepermukaan air di laut, danau, sungai. Air infiltrasi meresap kedalam lapisan tanah, akan menambah tinggi muka air tanah didalam lapisan tanah, kemudian juga merembes didalam tanah kearah muka air terendah, akhirnya juga kemungkinan sampai di laut, danau, sungai. Kemudian terjadi lagi proses penguapan.

Gambar 4. Siklus Hidrologi

2. Karakteristik Hujan

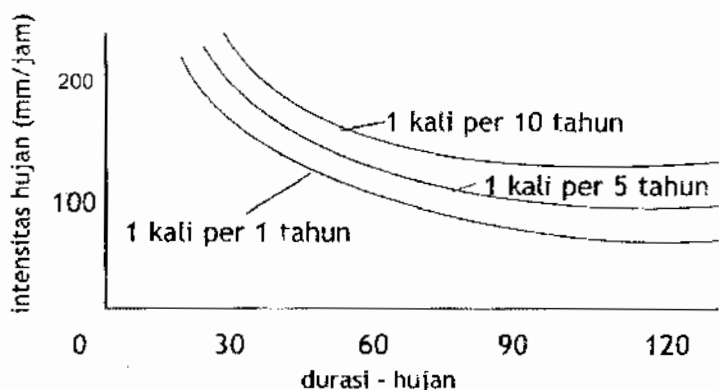
a. Durasi Hujan

Durasi hujan adalah lama hujan (menit, jam, etmal) yang diperoleh dari hasil pencatatan alat ukur hujan otomatis. Durasi hujan selalu dihubungkan dengan waktu konsentrasi (tc), khususnya pada drainasi perkotaan/terapan diperlukan durasi hujan yang relatif pendek, mengingat akan toleransi terhadap lama genangan.

b. Intensitas Hujan

Intensitas hujan (It) adalah yang dinyatakan datam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Nilai intensitas hujan tergantung lama curah hujan dan frekuensi hujan dan waktu konsentrasi. Intensitas hujan dianalisis dari data hujan secara empiris atau secara statistik.

c. Lengkung Hujan

Lengkung hujan adalah grafik hubungan antara intensitas hujan dengan durasi hujan. Perencanaan saturan primer, sekunder dan tersier, didasarkan atas Lengkung hujan rencana

d. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir suatu aliran.

Waktu konsentrasi (tc = to+td) terdiri dari :

i. *Inlet time (to)*, waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di muka tanah menuju saturan drainasi.

ii. *Conduct time (td)*, waktu yang diperlukan oleh air untuk mengatir di sepanjang saluran.

e. Contoh Soal

Soal :

Suatu area dengan lebar area 200 meter kemiringan 1,00 persen. Panjang area atau panjang saluran 500 meter dengan kemiringan saluran 0,80 persen. Hitunglah waktu konsentrasi yang terjadi.

Penyelesaian :

Lebar area 200 meter kemiringan area 1,00 persen lihat table 3,1 tabel kemiringan area vs kecepatan rata-rata aliran, didapatkan kecepatan aliran v = 0,60 meter/detik. Sehingga waktu aliran dari sisi atas area to = L/v = 200 (m)/o,60 (m/detik) = 333,33 detik. Panjang saluran 500 meter kemiringan saluran 0,80 persen. Lihat tabel 3.1, kecepatan aliran air pada saluran= 0,40 meter/detik. Waktu aliran dari hulu ke hilir saluran td = Lsal/vsal = 500/0,80 = 625 detik. Jadi waktu konsentrasi tc = to + td = 333,33 + 625 detik = 958,33 detik = 958.33/3600 = 0,27 jam. Kesimpulan adalah waktu mengalir air dari sisi atas area dan sampai diujung /hilir saluran adalah 0,27 jam.

3. Data Hujan

a. Pengukuran

Hujan merupakan komponen yang sangat penting dalam anatisis hidrologi pada perancangan debit hujan untuk

menentukan dimensi saturan drainasi. Pengukuran hujan dilakukan selama 24 jam, sehingga hujan yang didata adalah hujan total yang terjadi selama 24 jam (1 etmal).

b. Alat Ukur Hujan

i. Alat ukur hujan biasa *(manual rain gauge)*

Data hujan dicatat oleh petugas pada periode tertentu datam satu hari (24 jam).

ii. Alat ukur otomatis (*automatic rain gauge*)

- Weighting Bucket Rain Gauge
- Float Type Rain Gauge
- *Tipping Bucket Rain Gauge*

4. Pengolahan Data Hujan

a. Hujan Rata-rata Daerah Aliran

i. Cara rata-rata aljabar

$$R = 1/n\ (R1 + R2 + R3 + \ldots Rn) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \ (2.1)$$

Keterangan:

R	=	curah hujan daerah
n	=	jumlah pos pengamatan
R1, R2, Rn	=	curah hujan tiap pos pengamatan

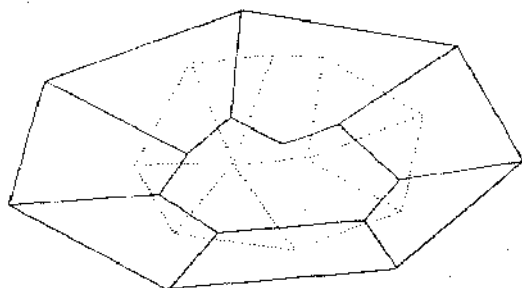
b. Metode Thiessen

$$R = \frac{A1R1 + A2R2 + \ldots\ldots\ldots AnRn}{A1 + A2 + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots An} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \ (2.2)$$

Keterangan:

R = curah hujan daerah

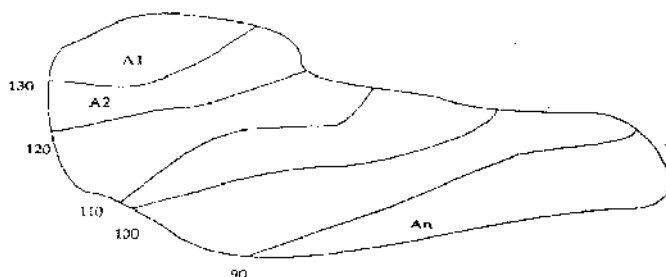
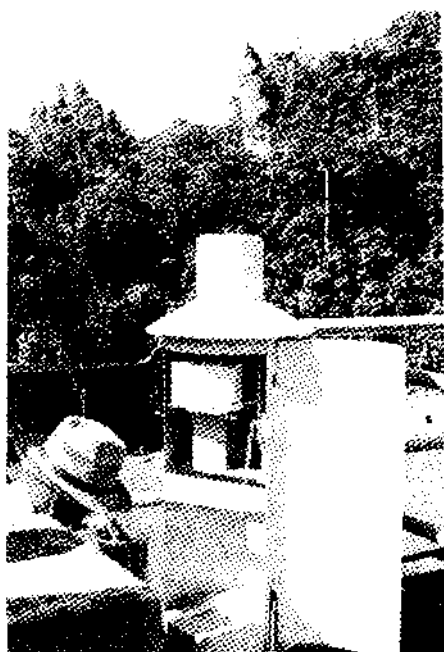
R1, R2, Rn = curah hujan di tiap pos pengamatan

A1, A2, An = luas daerah tiap pos pengamatan

c. Metode Isohyt

$$R = \frac{A1R1 + A2R2 + ...AnRn}{A1 + A2 + ...An} \qquad ....(2.3)$$

Keterangan:

R!, R2, Rn = curah hujan rata-rata path area A1, A2, An

A1, A2, An = luas area antara garis isohyt (topografi)

Gambar 5. Alat Ukur Curah Hujan

Gambar 6. Stasiun Pencatat Curah Hujan

BAGIAN III
ASPEK HIDROLIKA

Aliran air dalam suatu saluran dapat berupa aliran pada saluran terbuka *(open channel flow)* maupun pada saluran tertutup *(pipe channel flow)*.Pada saluran tertutup dapat dengan saluran penuh dengan air (bertekanan) dan saluran tidak penuh dengan air (tidak bertekanan).

1. Aliran Air pada Saluran Terbuka

1. Aliran Lunak *(Steady Flow)*

   Aliran lunak adalah aliran yang mempunyai kedalaman tetap untuk waktu tertentu.

   Aliran lunak di klasifikasi menjadi :

   a. Aliran seragam, tinggi muka air sama pada setiap penampang.

   b. Aliran berubah, kedalaman air berubah di sepanjang saturan.

2. Aliran Tidak Lunak *(Unsteady Flow)*

   Aliran ini mempunyai kedalaman aliran yang berubah tidak sesuai dengan waktu. Contoh: banjir.

2. Aliran Air pada Saluran Pipa

Aliran air dalam pipa dapat merupakan aliran yang bertekanan, air penuh mengisi pipa, dapat pula aliran yang tidak bertekanan, air tidak mengisi penuh pipa. Seperti halnya gorong-gorong dapat direncanakan muka air memenuhi sisi atas saluran, merupakan saluran yang bertekanan Tidak terdapat muka air bebas, pipa